

DE4119967

Patent number: DE4119967
Publication date: 1992-09-17
Inventor:
Applicant:
Classification:
- International: C23C10/08
- european: C23C10/08
Application number: DE19914119967 19910618
Priority number(s): DE19914119967 19910618

Also published as:



GB2256876 (A)
FR2677998 (A1)

Report a data error here

Abstract of DE4119967

A method for aluminum gas diffusion coating outer and inner surfaces of components comprises passing halogenous gas and hydrogen through heated metallic aluminium particles serving as an aluminium source so as to form a gas mixture of halogenous gas, aluminium monohalide gas and a negligible content of aluminium trihalide gas and directing this gas mixture over the outer and inner surfaces of a component to be coated. The metallic aluminium source may be formed of NiAl_3 , FeAl_3 , TiAl_3 , CO_2Al , CrAl_7 , $\text{Cr}_2\text{Al}_{11}$, CrAl_4 or CrAl_3 . A preferred apparatus for carrying out this method comprises a retort chamber 3 possessing two carrier gas inlet pipes 9, 10 leading to two separate aluminium sources 4, 11 located in the retort chamber and so disposed that the aluminizing gas emanating therefrom will separately coat the outer and inner surfaces respectively of the component 5, the chamber having a common outlet pipe 12 for the reaction gases.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 41 19 967 C 1

51 Int. Cl. 5:
C 23 C 10/08

21 Aktenzeichen: P 41 19 967.7-45
22 Anmeldetag: 18. 6. 91
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 17. 9. 92

DE 41 19 967 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

MTU Motoren- und Turbinen-Union München GmbH,
8000 München, DE

72 Erfinder:

Pillhöfer, Horst, 8061 Röhrmoos, DE; Thoma, Martin,
Dr., 8000 München, DE; Walter, Heinrich, 8902
Friedberg, DE; Adam, Peter, Dr., 8060 Dachau, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

GB 11 35 015
EP 2 22 241 B1
JP-A 62-1 12 781, Pat. Abstr. JP, C-454, 23.10.87,
Vol. 11, No. 326;
JP-A 01-1 59 376, Pat. Abstr. JP, C-638, 20.09.89,
Vol. 13, No. 423;

54 Verfahren und Vorrichtung zum Gasdiffusionsbeschichten

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Gasdiffusionsbeschichten mit Aluminium von Außen- und Innenflächen von Bauteilen, indem ein Gasgemisch aus halogenhaltigem Gas, Wasserstoff, Aluminiummonohalogenidgas über die zu beschichtenden Außen- und Innenflächen des Bauteils geleitet wird, wobei halogenhaltiges Gas und Wasserstoff durch aufheizbare Partikel aus intermetallischen Aluminiumverbindungen als Aluminiumquelle geführt werden. Vorrichtung und Verfahren sind besonders geeignet, Triebwerksschaufeln von Gasturbinentriebwerken mittels Aluminiumdiffusionsschichten auf Außen- und Innenflächen vor Oxidation und Korrosion zu schützen.

DE 41 19 967 C 1

Die Erfindung betrifft ein Gasdiffusionsbeschichten mit Aluminium von Außen- und Innenflächen von Bauteilen indem ein Gasgemisch aus halogenhaltigem Gas, Wasserstoff, Aluminiummonohalogenidgas über die zu beschichtenden Außen- und Innenflächen des Bauteils geleitet wird.

Aus der Druckschrift DE-OS 28 05 370 ist ein Verfahren und eine Aliterschicht für Innenbohrungen in Turbinenschaufeln bekannt. Nachteil dieser Aliterschicht ist, daß sie bei niedrigen Temperaturen zwischen 700°C und 850°C abgeschieden wird, so daß keine Diffusion von Aluminium in die Bauteiloberfläche erfolgen kann. Bei diesem Verfahren wird zur Alitierung des Bauteils ein Trägergas wie Wasserstoff durch Aluminiumtrihalogenid geführt. Anschließend wird das Aluminiumtrihalogenid über einem Bad aus flüssigem Aluminium oder flüssigen Aluminiumlegierungen in ein Aluminiumsubhalogenid oberhalb 900°C überführt. Danach wird reines Aluminium in den Innenbohrungen des Bauteils abgeschieden.

Dieses Verfahren hat den wesentlichen Nachteil, daß innerhalb des Abscheidungsreaktors flüssiges Aluminium bzw. flüssige Aluminiumlegierungen gebildet werden müssen, um das thermisch stabile Aluminiumtrihalogenid in ein Aluminiumsubhalogenid zu überführen. Dabei wird kein reines Aluminiummonohalogenid gebildet, sondern es verbleibt ein erheblicher Anteil von mindestens 20% Aluminiumtrihalogenid im Gemisch, was die Abscheidungsrate von Aluminium herabsetzt. Außerdem erfordert dieses Verfahren nachteilig den Einbau von Schmelztiegeln in den Abscheidungsreaktor. Zusätzlich wird die Aufnahme und Bildung eines Aluminiummonohalogenids dadurch begrenzt, daß als Reaktionsoberfläche nur die begrenzte Schmelzoberfläche des Schmelztiegels zur Verfügung steht.

Aus FR-PS 14 33 497 ist eine Gasphasenabscheidung von Aluminium bekannt, die mit einer Aluminiumquelle aus Aluminium- oder Aluminiumlegierungspartikeln arbeitet und eine derart niedrige Aluminiumquellentemperatur anwendet, so daß keine Schmelzbildung der Aluminiumquelle einsetzt. Zur Bildung von Aluminiumhalogeniden wird ein Halogengas durch die Aluminiumquelle geleitet. Dieses Verfahren hat den Nachteil, daß aufgrund der niedrigen Quellentemperatur keine hohen Abscheidungsraten erreichbar werden.

Aus US-PS 41 32 816 ist bekannt, daß durch Zugabe von Aktivatoren wie Alkali- oder Erdalkalihalogenen oder Aluminiumkomplexsalzen zu den Aluminiumquellen, die Abscheidungsraten erhöht werden können. Mit diesen Zugaben wird nachteilig die Reinheit der Aliterschicht vermindert zumal neben den Aktivatoren auch noch Oxide wie Aluminiumoxid unter das Quellenmaterial gemischt werden.

In EP-PS 2 22 241 wird eine Ti-Al-Legierungsbeschichtung von Substratoberflächen beschrieben, bei der ein Gasgemisch aus halogenhaltigem Gas, HCl und $TiCl_3$, H_2 und $AlCl_3$, das durch Reaktion von $AlCl_3$ mit festen Titanpartikeln (dort Anspruch 1 und 3) oder festen Aluminiumpartikeln (dort, Anspruch 4 und 5) als Metallquelle hergestellt ist, bei 800 – 1200°C über die zu beschichtende Oberfläche geleitet wird und aus GB-PS 11 35 015 ist ein Aluminiumbeschichtungsverfahren bekannt, bei dem ein Halogenid, das durch Reaktion von Al-haltigen (6 – 50%) Legierungen als Metallquelle mit halogenhaltigen Gasen erzeugt wird, über ein erhitztes Substrat geleitet wird.

Diese bekannten Verfahren basieren auf der Möglichkeit feste aluminium- oder titanhaltige Metallegierungen als Metallquelle durch Halogenisieren in gasförmige Verbindungen umzuwandeln und die entstandenen Halogenide zu disproportionieren und metallisches Aluminium oder Titan aus der Gasphase abzuscheiden. Die bekannten Verfahren liefern dem Fachmann für CVD-Verfahren keinen Hinweis auf den Einsatz intermetallischer Aluminiumverbindungen als Aluminiumquelle.

Ein Nachteil dieses Verfahrens ist, daß die Reproduzierbarkeit der Beschichtungsergebnisse beim Einsatz von elementaren leicht oxidierbaren festen Metallen oder Metallegierungen als Quellenmaterial nicht gewährleistet ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Gasdiffusionsbeschichten von Außen- und Innenflächen von Bauteilen unter Vermeidung von schmelzflüssigen Aluminium- oder Aluminiumlegierungsquellen anzugeben, bei dem eine hohe Abscheidungsrate bei gleichzeitig hoher Reinheit der Schicht unter Vermeidung von oxidischen, alkalischen oder erdalkalischen Einschlüssen in der Schicht erzielt wird.

Gelöst wird diese Aufgabe dadurch, daß halogenhaltiges Gas und Wasserstoff durch ausheizbare Partikel aus intermetallischen Aluminiumverbindungen als Aluminiumquelle geführt werden.

Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß beim Einsatz von intermetallischen Aluminiumverbindungen mit hohem Schmelzpunkt die Aluminiumquelle aus aufheizbaren Partikeln keine Schmelze bildet, selbst wenn die Quellentemperatur wesentlich über der Temperatur, bei der eine meßbare Diffusion von Aluminium in die Bauteiloberfläche einsetzt, liegt. Daraus ergibt sich der weitere Vorteil, daß nicht nur eine Alitierung der Bauteilaußen- und -innenflächen erfolgt, sondern gleichmäßig eine begrenzte Diffusion von Aluminium in die Bauteiloberfläche stattfindet.

Ferner wird mit dem Einsatz von intermetallischen Aluminiumverbindungen eine derart hohe Quellentemperatur möglich, daß vorteilhaft Aluminiummonohalogenide in hoher Konzentration im Quellenbereich durch das durchströmende halogenhaltige Gas gebildet werden und der Anteil an Aluminiumtrihalogeniden vernachlässigbar wird. Dieses ist mit dem weiteren Vorteil einer hohen Abscheidungsrate von Aluminium auf den Bauteilaußen- und -innenflächen verbunden.

Eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung besteht darin, daß das Gasgemisch aus 3 bis 6 Teilen Aluminiummonohalogenid und 1 bis 3 Teilen halogenhaltigem Gas und Wasserstoff besteht. Dieser bevorzugte Bereich der Zusammensetzung des Gasgemisches nach Durchströmen der Aluminiumquelle hat den Vorteil, daß eine unerwartete Erhöhung der Abscheidungsrate um den Faktor 1,5 gegenüber dem Stand der Technik erreicht wird.

Eine weitere bevorzugte Verfahrensvariante ist, daß der Aluminiummonohalogenidanteil im Gasgemisch für die zu beschichtenden Außenflächen bis zum hundertfachen gegenüber dem Aluminiummonohalogenidanteil für die zu beschichtenden Innenflächen verdünnt wird. Dieses wird erreicht, indem die Aluminiumquellen für die Außenbeschichtung und für die Innenbeschichtung mit getrennten Trägergasströmen versorgt werden, wobei ein Halogengasgehalt im Trägergas für die Außenbeschichtung bis zu einem Faktor 100 niedriger eingestellt wird als für die Innenbeschichtung.

Außerdem hat sich gezeigt, daß unterschiedlich hohe

Quellentemperaturen für die Außen- und Innenbeschichtung ebenfalls eine Verdünnung des Aluminiummonohalogenidanteils für die Außenbeschichtung bewirken können, wozu eine niedrigere Quelltemperatur für die Außenbeschichtung eingehalten wird. Das hat den Vorteil, daß die Schichtdicken den unterschiedlichen Betriebsbeanspruchungen von Bauteilaußen- und Bauteilinnenflächen angepaßt werden können. Darüber hinaus kann vorteilhaft einer verminderten Abscheidungsrate beim Gasdiffusionsbeschichten an Innenflächen entgegengewirkt werden.

Bauteil und Aluminiumquelle werden beim erfindungsgemäßen Gasdiffusionsbeschichten in einem Mehrzonenofen angeordnet. Das hat gegenüber dem Verfahren nach FR-PS 14 33 497 (dort Fig. 2) den Vorteil, daß keine Beheizung von Verbindungsleitungen erforderlich wird und trotzdem unterschiedliche Temperaturen von Aluminiumquelle und Bauteil durch entsprechende Anordnung im Mehrzonenofen möglich sind. Die Prozeßtemperatur der Aluminiumquelle wird vorzugsweise bis zu 300°C höher eingestellt als die Temperatur des Bauteils, das vorzugsweise auf einer Bauteiltemperatur zwischen 800° und 1150°C für 0,5 bis 48 Stunden gehalten wird. Das hat den Vorteil, daß auch bei niedrigen Bauteiltemperaturen die Temperatur der Aluminiumquelle im Mehrzonenofen so hoch gehalten werden kann, daß der Anteil an Aluminiumtrihalogenid im Gasgemisch vernachlässigbar gering bleibt.

Eine weitere Verbesserung läßt sich erzielen, wenn vorzugsweise als Partikel für die Aluminiumquellen intermetallische Phasen von Aluminium und den Komponenten der Basislegierung des zu beschichtenden Bauteils eingesetzt werden, die hohe Aluminiumanteile in der stöchiometrischen Zusammensetzung mit mindestens 3 Atomen Aluminium auf 1 Atom Metall aufweisen. Damit wird eine hohe Reinheit der Bauteilbeschichtung erzielt, da keine Elemente, die nicht auch im Bauteil oder in der Schicht vorhanden sind, in das Gasdiffusionsverfahren eingeführt werden. Vorzugsweise werden deshalb die intermetallischen Phasen NiAl_3 , FeAl_3 , TiAl_3 , Co_2Al_3 , CrAl_7 , $\text{Cr}_2\text{Al}_{11}$, CrAl_4 oder CrAl_3 oder Phasengemische in Partikelform als Aluminiumquelle eingesetzt.

Beim Gasdiffusionsbeschichten der Innenflächen wird vorzugsweise eine Strömungsgeschwindigkeit zwischen 10^{-1} bis 10^4 m pro Std. eingehalten. Diese Strömungsgeschwindigkeiten an den Innenflächen haben den Vorteil, daß die Abscheidungsrate über der Länge der Innenflächen und damit die Schichtdicke verläßlich wird.

Eine weitere bevorzugte Verfahrensvariante sieht vor, daß in einer Aufheizphase und einer Abkühlphase das Gasgemisch durch reines Inertgas ersetzt wird. Damit wird die Zufuhr von halogenhaltigem Gas in der Aufheizphase und der Abkühlphase unterbunden, so daß die Gefahr der Bildung hoher Aluminiumtrichloridanteile im Gasgemisch, die zu unkontrollierten Halogenidätzungen der Bauteiloberfläche führen könnten, vermieden werden. Während einer Abscheidungsphase, die zeitlich zwischen der Aufheizphase und der Abkühlphase liegt, wird vorzugsweise ein Prozeßdruck von 10^3 bis 10^5 Pa gefahren. In diesem Druckbereich lassen sich vorteilhaft die hohen Strömungsgeschwindigkeiten an den Innenflächen mit geringem regelungstechnischen Aufwand realisieren.

Die Aufgabe, eine Vorrichtung mit mindestens einer Heizvorrichtung, einer Retortenkammer und mindestens einer Aluminiumquelle zur Durchführung des er-

findungsgemäßen Verfahrens anzugeben, wird dadurch gelöst, daß die Heizvorrichtung aus einem Mehrzonenofen besteht und die Retortenkammer zwei Trägergaszuführungen mit zwei getrennten Aluminiumquellen zur getrennten Beschichtung von Außen- und Innenflächen des Bauteils aufweist und eine gemeinsame Ableitung für die Reaktionsgase besitzt.

Diese Vorrichtung hat den Vorteil, daß die Bildung eines Gasgemisches aus halogenhaltigem Gas, Wasserstoff, Aluminiummonohalogenidgas und vernachlässigbaren Anteilen an Aluminiumtrihalogenidgas gewährleistet werden kann, da die aufheizbaren Partikel aus metallischen Aluminiumverbindungen als Aluminiumquelle auf eine höhere Temperatur als die zu beschichtenden Bauteile aufheizbar sind. Dadurch kann die Aluminiumquelle vorteilhaft auf Temperaturen gehalten werden, bei denen Aluminiumtrihalogenide nicht stabil sind.

Darüber hinaus hat diese Vorrichtung den Vorteil, daß für die Außen- und Innenbeschichtung getrennte Gasströme in bezug auf Strömungsgeschwindigkeit und Aluminiummonohalogenidkonzentration oder -anteile einstellbar sind. Getrennte Strömungsgeschwindigkeiten lassen sich über die getrennten Gaszuführungen für eine Außen- und Innenbeschichtung erreichen. Unterschiedliche Aluminiummonohalogenidkonzentrationen oder -anteile in dem Gasgemisch für die Außen- und Innenbeschichtung sind vorteilhaft durch die Trennung der Aluminiumquellen mit den zugehörigen getrennten Gaszuführungen erreichbar. Durch die Anordnung der Retortenkammer in einem Mehrzonenofen, werden vorteilhaft Beheizungseinrichtungen für Zuführungsleitungen zwischen Aluminiumquelle und Bauteil eingespart.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die Vorrichtung werden vorzugsweise zur gleichzeitigen Außen- und Innenbeschichtung für Triebwerksschaufeln von Gasturbinentriebwerken eingesetzt.

Die folgenden Figuren zeigen Beispiele und bevorzugte Ausbildungen der Erfindung.

Fig. 1 zeigt eine Skizze zur Erläuterung des Verfahrens.

Fig. 2 zeigt eine bevorzugte Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Fig. 1 zeigt eine Skizze zur beispielhaften Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei ein Gastrom aus einem Gasgemisch aus Salzsäureanhydrid oder Flußsäureanhydrid und Wasserstoff vorzugsweise im Molverhältnis 1 : 3 bis 1 : 20 in Pfeilrichtung A durch eine Zuleitung 1 innerhalb eines Druckbehälters 2 einer Retortenkammer 3 zugeführt wird. Das Gasgemisch wird durch eine Aluminiumquelle 4, die aus Partikeln von metallischen Aluminiumverbindungen besteht, geführt. Dabei ist die Aluminiumquelle 4 im heißesten Bereich der Retortenkammer 3 angeordnet.

Es bildet sich beim Durchströmen des Gasgemisches durch die Aluminiumquelle ein Aluminiummonohalogenid. Dazu wird die Aluminiumquelle 4 um bis zu 300°C höher aufgeheizt als das Bauteil 5, dessen Außen- und Innenflächen auf eine Temperatur zwischen 800° und 1150°C gehalten werden. Ferner wird über der Längsachse des Bauteils 5, das in diesem Fall eine Turbinenschaufel aus einer Nickelbasislegierung ist, ein Temperaturgradient von 1 bis 3°C pro mm eingestellt. Nach dem Durchströmen des Gasgemisches durch die Aluminiumquelle 4 ist das Gasgemisch mit Aluminiummonohalogenid angereichert, so daß anschließend die Außenflächen des Bauteils von einem Gasgemisch aus einem

Molteil Salzsäureanhydrid oder Flußsäureanhydrid und 4 Molteilen Aluminiummonohalogenid umströmt und die Innenflächen vom gleichen Gasgemisch durchströmt werden und Aluminium abgeschieden wird.

Den Innenflächen des Bauteils 5 ist eine Gasableitung 6 nachgeordnet, so daß nach dem Aluminiumabscheidvorgang an den Innenflächen die Restgase in Pfeilrichtung B aus der Retortenkammer 3 entweichen.

Während der Aluminiumabscheidung und -diffusion wird im Druckbehälter 2 ein Prozeßdruck zwischen 10^3 bis 10^5 Pa gefahren. Mittels eines Mehrzonenofens wird in vertikaler Richtung beispielsweise ein Temperaturprofil 7 in der Mitte des Druckbehälters 2 eingeregelt. Die Höhe der Temperatur T des Temperaturprofils 7 wird in °C auf der Abszisse 8, und der Ort 1 wird in mm auf der Ordinate 19 in Fig. 1 gezeigt.

Fig. 2 zeigt eine bevorzugte Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit mindestens einer Heizvorrichtung (nicht abgebildet), einer Retortenkammer 3 und mindestens einer Aluminiumquelle 4, wobei die Heizvorrichtung aus einem Mehrzonenofen besteht und die Retortenkammer 3 zwei Trägergaszuleitungen 9 und 10 mit zwei getrennten Aluminiumquellen 4 und 11 zur getrennten Beschichtung von Außen- und Innenflächen des Bauteils 5 aufweist und eine gemeinsame Ableitung 12 für die Reaktionsgase in Pfeilrichtung B besitzt.

Zu Beginn einer Gasdiffusion wird zunächst die Vorrichtung mit Hilfe des Mehrzonenofens aus- und aufgeheizt. In dieser Aufheizphase wird im Druckbehälter 2 ein Unterdruck von beispielsweise 10^3 Pa aufrechterhalten, um ein Ausgasen der Vorrichtungskomponenten und der Materialien im Druckbehälter 2 zu gewährleisten. Gleichzeitig wird über die Trägergaszuleitungen 9 und 10 als Trägergas ein Inertgas zum Spülen der Retortenkammer 3 und der Hohlräume im Bauteil 5 und um Bereich der Aluminiumquellen 4 und 11 in Pfeilrichtung A und C durch die Retortenkammer 3 geführt. Nach Abschluß der Aufheizphase wird mittels des Mehrzonenofens ein Temperaturprofil 7 in der Vertikalachse des Druckbehälters 2 eingestellt.

Nach der Aufheizphase wird ein Gasgemisch aus Salzsäureanhydrid oder Flußsäureanhydrid und Wasserstoff über die Trägergaszuleitungen 9 und 10 den Aluminiumquellen 4 und 11 in der Retortenkammer 3 zugeführt. Die Aluminiumquellen 4 und 11 sind im heißesten Bereich der Retortenkammer 3 angeordnet.

In der Aluminiumquelle 4 wird Aluminiummonoxid zur Beschichtung der Außenflächen des Bauteils 5 gebildet, während in der davon getrennten Aluminiumquelle 11 Aluminiummonoxid zur Beschichtung der Innenflächen des Bauteils 5 entsteht. Dabei wird der Aluminiummonoxidanteil im Gasgemisch zur Beschichtung der Außenfläche bis zum 100fachen niedriger eingestellt als der zur Beschichtung der Innenflächen. Dazu wird der Durchfluß und die Konzentration an Halogeniden in der Trägergaszuleitung 10 gegenüber Durchfluß und Konzentration an Halogeniden in der Trägergaszuleitung 9 herabgesetzt.

Den Innen- und Außenflächen des Bauteils 5 ist eine Gasableitung 12 nachgeordnet, so daß nach dem Aluminiumabscheidvorgang an den Innen- und Außenflächen die Restgase in Pfeilrichtung B aus der Retortenkammer 3 entweichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Gasdiffusionsbeschichten mit Aluminium von Außen- und Innenflächen von Bauteilen indem ein Gasgemisch aus halogenhaltigem Gas, Wasserstoff, Aluminiummonohalogenidgas über die zu beschichtenden Außen- und Innenflächen des Bauteils geleitet wird, dadurch gekennzeichnet, daß halogenhaltiges Gas und Wasserstoff durch aufheizbare Partikel aus intermetallischen Aluminiumverbindungen als Aluminiumquelle (4) geführt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gasgemisch aus Aluminiummonohalogenid und halogenhaltigem Gas und Wasserstoff aus 3 bis 6 Teilen Aluminiummonohalogenid und 1 bis 3 Teilen halogenhaltigem Gas und Wasserstoff besteht.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Aluminiummonohalogenidanteil im Gasgemisch für die zu beschichtenden Außenflächen bis zum Hundertfachen gegenüber dem Aluminiummonohalogenidanteilen für die zu beschichtenden Innenflächen verdünnt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Prozeßtemperatur der Aluminiumquelle (4) um bis zu 300°C höher eingestellt wird als die Temperatur des Bauteils (5).
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Partikel für die Aluminiumquelle (4) intermetallische Phasen von Aluminium und Komponenten der Basislegierung des zu beschichtenden Bauteils eingesetzt werden, die hohe Aluminiumanteile in der stöchiometrischen Zusammensetzung mit mindestens 3 Atomen Aluminium auf 1 Atom Metall aufweisen.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Feststoffpartikel für die Aluminiumquelle (4) die intermetallischen Phasen NiAl_3 , FeAl_3 , TiAl_3 , Co_2Al_3 , CrAl_7 , $\text{Cr}_2\text{Al}_{11}$, CrAl_4 oder CrAl_3 oder Phasengemische eingesetzt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß beim Gasdiffusionsbeschichten der Innenflächen eine Strömungsgeschwindigkeit zwischen 10^{-1} bis 10^4 m pro Std. eingehalten wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Aufheizphase und einer Abkühlphase das Gasgemisch durch reines Inertgas ersetzt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Prozeßdruck zwischen 10^3 bis 10^5 Pa gefahren wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Verfahrenszeit ohne die Dauer einer Aufheiz- und Abkühlphase zwischen 0,5 und 48 Stunden bei Bauteiltemperaturen zwischen 800° bis 1150°C eingehalten wird.
11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 mit mindestens einer Heizvorrichtung, einer Retortenkammer und mindestens einer Aluminiumquelle, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizvorrichtung aus einem Mehrzonenofen besteht und die Retortenkammer (3) zwei Trägergaszuleitungen (9, 10) mit zwei getrennten im heißesten Bereich der Retortenkammer (3) befindlichen Aluminiumquellen (4, 11) zur

getrennten Beschichtung von Außen- und Innenflächen des Bauteils (5) aufweist und eine gemeinsame Ableitung (12) für die Reaktionsgase besitzt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

